

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja  
(BDC-Publications)  
Nro 28



# **BIOKAASULAITOS ESIMERKKIMAATILALLE**

**Esiselvitys**

**Tuomo Vilkkilä**  
**Asiantuntijuushanke**  
**Tammikuu 2007**



**JYVÄSKYLÄN  
AMMATTIKORKEAKOULU**

**Luonnonvarainstituutti**

# SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>TAUSTA.....</b>	<b>4</b>
	2.1 BIOKAASU .....	4
	2.2 MAATILOJEN BIOKAASULAITOKSET SUOMESSA .....	4
<b>3</b>	<b>BIOKAASULAITOKSEN HUOMIOINTI UUTTA TUOTANTORAKENNUSTA RAKENNETTAESSA.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>MAATILAN BIOKAASULAITOKSEN PERUSTAMISEEN LIITTYVÄT TAUSTASELVITYKSET .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>ESIMERKKIMAATILALLA SYNTYVÄN BIOKAASUN ENERGIASISÄLTÖ.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>VALMISTAJIEN TARJOAMIA BIOKAASULAITOSMALLEJA.....</b>	<b>11</b>
	6.1 BIOKAASULAITOS METENER OY:LTÄ .....	11
	6.2 BIOKAASULAITOS METAENERGIA OY:LTÄ.....	12
	6.3 BIOKAASULAITOS FINNISH BIOENERGY OY:LTÄ.....	14
	6.4 BIOKAASULAITOS RMG POINTO OY:LTÄ.....	16
<b>7</b>	<b>LISÄSYÖTTEIDEN KÄYTTÖ .....</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>BIOKAASULAITOKSIEN SUUNNITELTU INVESTOINTITUKI.....</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>23</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>26</b>
<b>LIITTEET</b>		
	LIITE 1. BIOKAASULAITOSINVESTOINNIN TAKAISINMAKSUAIKA (OMA LIETE) .....	29
	LIITE 2. BIOKAASULAITOSINVESTOINNIN TAKAISINMAKSUAIKA (OMA LIETE+LISÄSYÖTTEET) .....	30
	LIITE 3. ASEMAPIIRROS METAENERGIAN KONTTILAITOKSESTA (1:500) .....	31
<b>KUVIOT</b>		
	KUVIO 1. MAATILAN BIOKAASUN PELKISTETTY SYNTY- JA KÄYTTÖKETJU .....	5
	KUVIO 2. MAATILOJEN BIOKAASULAITOSTEN TUOTANTOTIETOJA VUODELTA 2005 .....	5
	KUVIO 3. SIVUKUVA BIOKAASULAITOKSESTA.....	6
	KUVIO 4. PANNUHUONE LAITTEINEEN .....	7
	KUVIO 5. KAASUVARASTO LIETESÄILIÖN PÄÄLLÄ.....	7
	KUVIO 6. BIOKAASULAITOS YLHÄÄLTÄPÄIN.....	8
	KUVIO 7. KAAVIOKUVA METENERIN BIOKAASULAITOKSESTA.....	12
	KUVIO 8. KAAVIOKUVA MEX CONTAINER KONTTILAITOKSESTA .....	14
	KUVIO 9. FINNISH BIOENERGY OY:N BIOKAASULAITOS.....	16
	KUVIO 10. WABIO BIOKAASULAITOKSEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET ILMAN ESIKÄSITTELYÄ.....	17
	KUVIO 11. WABION BIOKAASULAITOS.....	18
	KUVIO 12. ROBOGAS BIOKAASULAITOS.....	20

**TAULUKOT**

TAULUKKO 1. BIOKAASUN OMINAISUUDET (KESKIMÄÄRÄISIÄ ARVOJA).....	4
TAULUKKO 2. ESIMERKKITILAN BIOKAASULAITOKSELLA TUOTETUN BIOKAASUN ENERGIASISÄLTÖ (TILAN OMA LIETE).....	10
TAULUKKO 3. ESIMERKKITILAN BIOKAASULAITOKSELLA TUOTETUN BIOKAASUN ENERGIASISÄLTÖ (TILAN OMA LIETE + LISÄSYÖTTEET).....	21

# 1 JOHDANTO

Suomessa maatilakokoluokan biokaasulaitoksia on tällä hetkellä käytössä vain muutamilla tiloilla. Vähäiseen määrään vaikuttavat mielestäni muun muassa yhteiskunnan heikko tukeminen kalliissa laitosinvestoinnissa sekä luotettavan tutkimustiedon puute biokaasulaitosten taloudellisesta kannattavuudesta. Energiaomavaraisuuteen pääsemiseksi ja mahdollisten lisätulojen saamiseksi kiinnostusta biokaasulaitosten rakentamiselle on kuitenkin olemassa.

Tämä työ on toteutettu esimerkkimaatilalle, jossa maanviljelijä kiinnostui lämmön- ja sähköntuotannosta biokaasun avulla. Viljelijä on rakennuttamassa uutta tuotantorakennusta, johon tulee lypsylehmiä 70 sekä hiehoja ja nuorkarjaa 77 kappaletta. Suuresta eläinmäärästä saatavan lannan vuoksi haluttiin selvittää, olisiko biokaasulaitoksen rakentaminen kannattavaa, ja mitä seikkoja siinä tulisi ottaa huomioon.

Raportissa käydään läpi biokaasulaitoksen suunnitteluun ja mitoitukseen liittyviä asioita sekä selvitetään, miten kohdetilalla voitaisiin ennakoida biokaasulaitoksen rakentamista. Lisäksi raportissa kerrotaan ulkopuolelta saatavien lisäsyötteiden käytöstä sekä luodaan lyhyt katsaus suunnitteilla olevaan investointitukeen.

Asiantuntijuushankkeen tilasi "Hajautetut biomassapohjaiset energiatuotantoratkaisut ja niiden käytäntöön soveltaminen" -hanke, jonka projektipäällikkönä toimii Jaakko Tukia. Asiantuntijuushanke tehtiin esimerkkitalan tarpeisiin, ja työn toteuttamisesta vastasi Tuomo Vilkkilä.

## 2 TAUSTA

### 2.1 Biokaasu

Biokaasua muodostuu anaerobisessa mädätysprosessissa eloperäisen aineksen hajotessa. Koostumukseltaan biokaasu on pääasiassa metaania ja hiilidioksidia. (Palmroth & Kalmari 2005, 3.) Anaerobisen käsittelyn jälkeen lannan ja muiden biojätteiden hajuhaitat ja kasvihuonekaasupäästöt vähenevät samalla kun saadaan puhdasta energiaa. Yleensä biokaasua hyödynnetään sähkön- ja lämmöntuotannossa, mutta sitä voidaan käyttää myös ajoneuvojen polttoaineena. (Leinonen, 2.) Taulukossa 1 kerrotaan biokaasun keskimääräisistä ominaisuuksista.

TAULUKKO 1. Biokaasun ominaisuudet (keskimääräisiä arvoja)

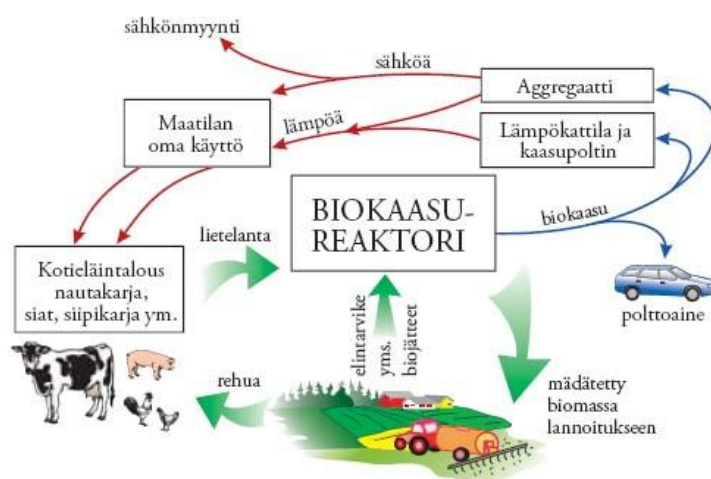
Kosteus (%)	1-10
Lämpöarvo (kWh/m <sup>3</sup> )	5 (metaanipitoisuus 50 %) 7,5 (metaanipitoisuus 75 %)
Metaani (%/m <sup>3</sup> )	50–75
Hiilidioksidi (%/m <sup>3</sup> )	25–50
Ammoniakki (%/m <sup>3</sup> )	0–1
Rikkivety (%/m <sup>3</sup> )	0–1
Kaasuntuottopotentiaali m <sup>3</sup> (biokaasua/m <sup>3</sup> biomassaa)	Lanta: n. 25 Peruna: n. 90 Esikuivattu säilörehu: n. 150

### 2.2 Maatilojen biokaasulaitokset Suomessa

Lannan ja muiden orgaanisten jätteiden käsittelyä maatalan biokaasulaitoksessa puoltavat muun muassa paraneva hygienia, hajuhaittojen väheneminen ja tuotetun biokaasun kautta saatava taloudellinen hyöty. Maatilakohtaisia biokaasulaitoksia oli vuoden 2005 lopulla toiminnassa vain muutamia: Halsualla,

Kalajoella, Jepualla, Nivalassa, Laukaassa ja Taipalsaassa. (Kuittinen, Huttunen & Leinonen 2006, 31.)

Biokaasulaitosten rakentaminen maataloille on selvästi kuitenkin lisääntymässä. Tähän on vaikuttanut parantunut energiaomavaraisuus, mahdollisuus kaasun ajoneuvokäyttöön sekä ympäristönäkökohtien huomioiminen. Uusia reaktori-hankkeita on rakenteilla tai mahdollisesti jo toiminnassa yhteensä kuudella eri paikkakunnalla. (Kuittinen ym. 2006, 31.) Kuviossa 1 on nähtävillä kaaviokuva maatalan biokaasun synty- ja käyttöketjusta ja kuviossa 2 on nähtävillä maatilojen biokaasulaitosten tuotantotietoja vuodelta 2005.



KUVIO 1. Maatilan biokaasun pelkistetty synty- ja käyttöketju  
(Kuittinen ym. 2006, 31.)

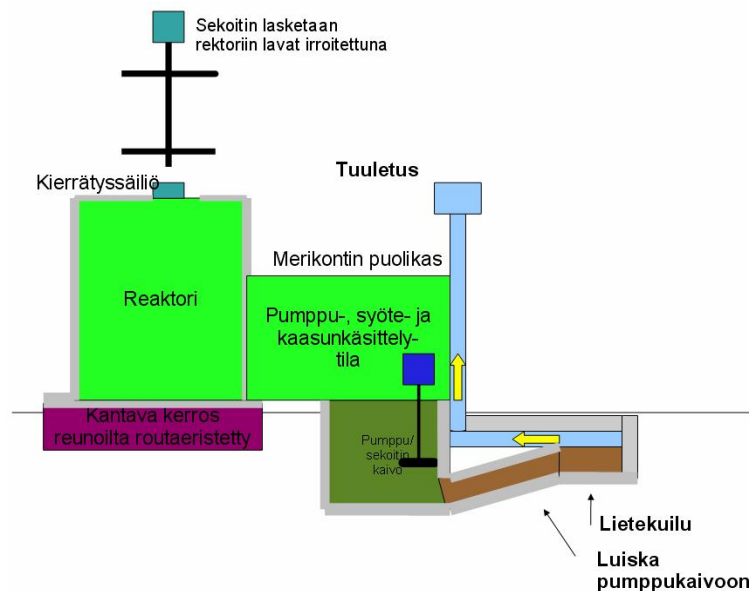
Biokaasua tuotettu	0,244 milj. m <sup>3</sup>
Biokaasua hyödynnetty	0,242 milj. m <sup>3</sup>
Sähköä tuotettu	151 MWh
Lämpöä tuotettu	1 149 MWh
Mekaanista energiaa tuotettu	19 MWh
Metaanipitoisuus	58–68 %

KUVIO 2. Maatilojen biokaasulaitosten tuotantotietoja vuodelta 2005  
(Kuittinen ym. 2006, 31.)

### 3 BIOKAASULAITOKSEN HUOMIOINTI UUTTA TUOTANTORAKENNUSTA RAKENNETTAESSA

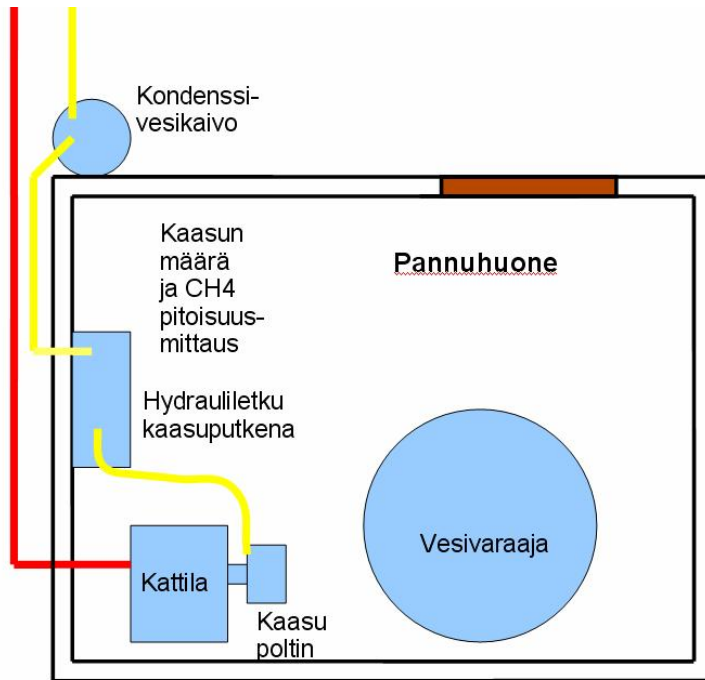
Jo tuotantorakennusta rakennettaessa kannattaa ottaa huomioon mahdollinen biokaasulaitos, koska ennakkoinnilla voidaan helpottaa ja nopeuttaa laitoksen käyttöönottoa sekä säästää kustannuksissa. Heusalan (2007) mukaan biokaasulaitoksen liitynnät maatilaa ovat raaka-aineiden syöttö, kaasun-, lämmön-, sähkön ja tiedonsiirto, ylläpito ja toiminnallisuus, turvallisuus ja kokonaistaloudellisuus.

Uuden tuotantorakennuksen lietekuilu kannattaa eristää, koska tällä voidaan säästää huomattavia määriä energiaa päivässä. Jos esimerkiksi 6 t lietettä/vrk tulee pumppauskaivoon 7 astetta lämpimämpänä, energiaa säästyy 50 kWh/vrk. Lietekuilun tuuletuksella kannattaa poistaa hajukaasut, jolloin samalla liete pysyy lämpimänä ja rehuluiska sulana. Kuviossa 3 on esitelty sivukuva biokaasulaitoksesta navetalta päin. (Heusala 2007.)

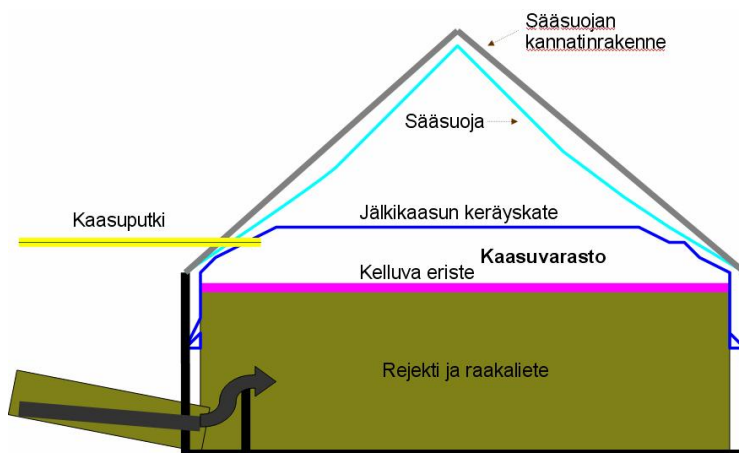


KUVIO 3. Sivukuva biokaasulaitoksesta (Heusala 2007.)

Heusalan (2007) mukaan maassa kulkevat kaasu ja lämpöputket sekä sähkö- ja tietokaapelit kannattaa asentaa samaan kaivantoon. Kuviossa 4 on nähtävillä kaaviokuva pannuhuoneesta ja maassa kulkevista putkista navetalle päin ja kuviossa 5 voidaan nähdä lietesäiliön päälle rakennettu kaasuväaraasto.



KUVIO 4. Pannuhuone laitteineen  
(Heusala 2007.)



KUVIO 5. Kaasuväaraasto lietesäiliön päällä  
(Heusala 2007.)



Heusalan (2007) mielestä biokaasulaitosta rakennettaessa tilalla voidaan ennakoida seuraavia seikkoja:

1. Kaasuputkikanaali

- Väljä suojaputki navetan välikatolle (navetan ylityksessä)

2. Kulkuväylät

- Biokaasulaitokselle kannattaa rakentaa omat kulkureitit, jolla ehkäistään mahdollisten tautien leviämistä

3. Säiliöiden sijainti

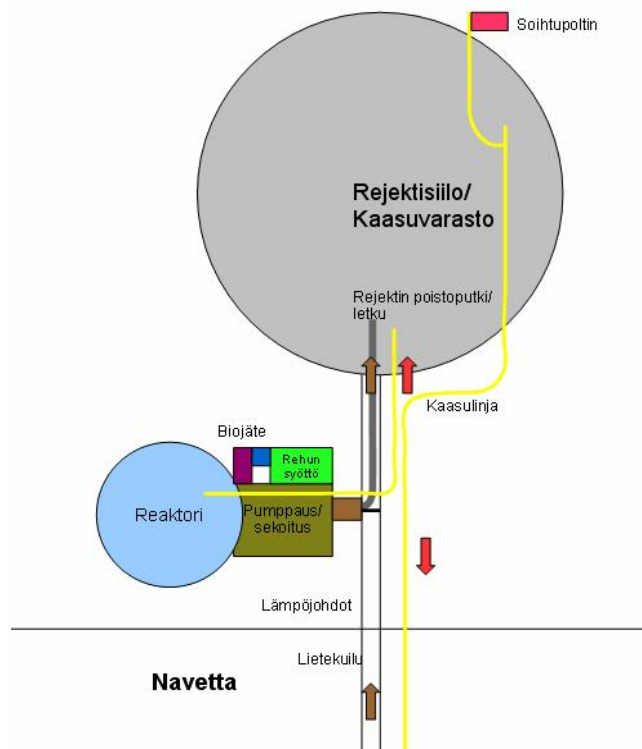
- Ensimmäinen säiliö kannattaa rakentaa lähelle biokaasulaitosta. Korkeuserot kannattaa myös ottaa huomioon

4. Tekniset liitynnät

- Sähkö-, vesi- ja tietoyhteydet kannattaa rakentaa etukäteen reaktorille

5. Lääkintäparret

- Lääkittyjen eläinten paikat olisi hyvä sijoittaa niin, että lanta ei menisi heti lietekuiluun



KUVIO 6. Biokaasulaitos ylhäältäpäin  
(Heusala 2007.)

## 4 MAATILAN BIOKAASULAITOKSEN PERUSTAMISEEN LIITTYVÄT TAUSTASELVITYKSET

Maatilan biokaasulaitoksen suunnittelu alkaa käsiteltävien materiaalien kartoittamisella. Jos laitoksella aiotaan käsitellä vain tilan omaa lantaa, raakamaitoa, pesuvesiä ja puhtaita peltobiomassoja, ei laitokselle aseteta erityisvaatimuksia. Mikäli laitoksella aiotaan käsitellä myös tilan ulkopuolisia jakeita, ovat niiden käsittelyvaatimukset tiukemmat. Käsiteltävien materiaalien kartoituksen jälkeen tulisi määrittää laitoksen tuottama laskennallinen biokaasupotentiaali. Biokaasupotentiaalin laskenta tehdään määrittämällä tilan tuottama vuotuinen lietekiintoaineen määrä. Vuotuinen metaanintuottopotentiaali saadaan, kun kiintoainemäärä kerrotaan metaanintuottopotentiaalilla. Lisäksi olisi hyvä tietää myös kohteen sähkön- ja lämmönkulutukset, joita voisi verrata laitoksella tuotettuun energiamäärään. Kun lähtötiedot ovat selvillä, voidaan alkaa kartoittamaan markkinoilla toimivia laitostoimittajia. (Taavitsainen 2006, 11–14.)

### **Lähtötiedot esimerkkitilalla biokaasulaitokselle:**

Viljelijän (2007) mukaan uuteen tuotantorakennukseen tulee lypsylehmiä 70 sekä hiehoja ja nuorkarjaa 77 kappaletta. Eläinten tuottaman lannan vuotuisiksi määräksi on arvioitu noin 2500 m<sup>3</sup>. Lannan lisäksi lietteen sekaan kuluu sade- ja pesuvesiä arviolta noin 585 m<sup>3</sup> vuodessa. Lietteen kiintoainepitoisuudeksi määrittelimme 7 %. (Viljelijä 2007.) Laskin, että sade- ja pesuedet pienentävät kiintoainepitoisuutta 1,33 %, joten kokonaisjättemäärän (3085 m<sup>3</sup>) kiintoainepitoisuudeksi tulisi 5,67 %.

Suurehkon eläinmäärän vuoksi esimerkkitilalla pelloilta ei riitä peltobiomassaa kaasutettavaksi. Laitosvalmistajien tarjousten pohjalta tehdyissä laskelmissa ei myöskään oteta huomioon mahdollisesti ulkopuolelta saatavia lisäsyötteitä, joten biokaasulaitoksen mitoitus pohjautuu pelkästään uudessa tuotantorakennuksessa syntyvälle biomateriaalille. Tuotetun biokaasun kohdetila todennäköisesti käyttäisi sähköntuottamiseen ja uuden tuotantorakennuksen lämmittämiseen.

## 5 ESIMERKKIMAATILALLA SYNTYVÄN BIOKAASUN ENERGIASISÄLTÖ

Laskin viljelijän biokaasulaitoksella syntyvän energiamäärän MetaEnergia Oy:n (2007) laitoksen mitoitushjelmalla. Ohjelmaa on helppo käyttää ja sillä saa nopeasti laskettua tuotetun energiamäärän sekä laitoksen vaatimat vähimmäismitat. Taulukossa 2 on nähtävillä esimerkkitalan vuosittaisen biokaasutuotannon energiasisältö.

TAULUKKO 2. Esimerkkitalan biokaasulaitoksella tuotetun biokaasun energiasisältö (tilan oma liete)

Lietemäärä	3085 m <sup>3</sup> /a
Kiintoainepitoisuus	5,67 %
Biokaasun saanti (liete)	0,3 Nm <sup>3</sup> /kgVS
Kuiva-ainemäärä	174919,5 kg
Biokaasun määrä	52475,9 Nm <sup>3</sup>
Metaanin energiasisältö	9,9 kWh/Nm <sup>3</sup>
Metaanipitoisuus	60 %
<b>Energiasisältö</b>	<b>311,7 MWh</b>
<b>Nettoenergia (laitoksen oma kulutus 67 MWh)</b>	<b>244,7 MWh</b>
Kaasun tuotto	5,99 m <sup>3</sup> /h
Teho nettoenergiasta generaattorikäytössä	27,93 kW
Lämpötehon osuus	18,62 kW
Sähkötehon osuus	9,31 kW

## 6 VALMISTAJIEN TARJOAMIA BIOKAASULAITOSMALLEJA

Eri laitosvalmistajien kokonaiskustannusarviot sisältävät biokaasulaitoksen lisäksi lopputuotteen varastointisäiliön, koska esimerkkitalan tapauksessa uuden tuotantorakennuksen lähetyillä ei ole olemassa olevia lietesäiliöitä. Kaikki hinta-arviot ovat arvonlisäverottomia.

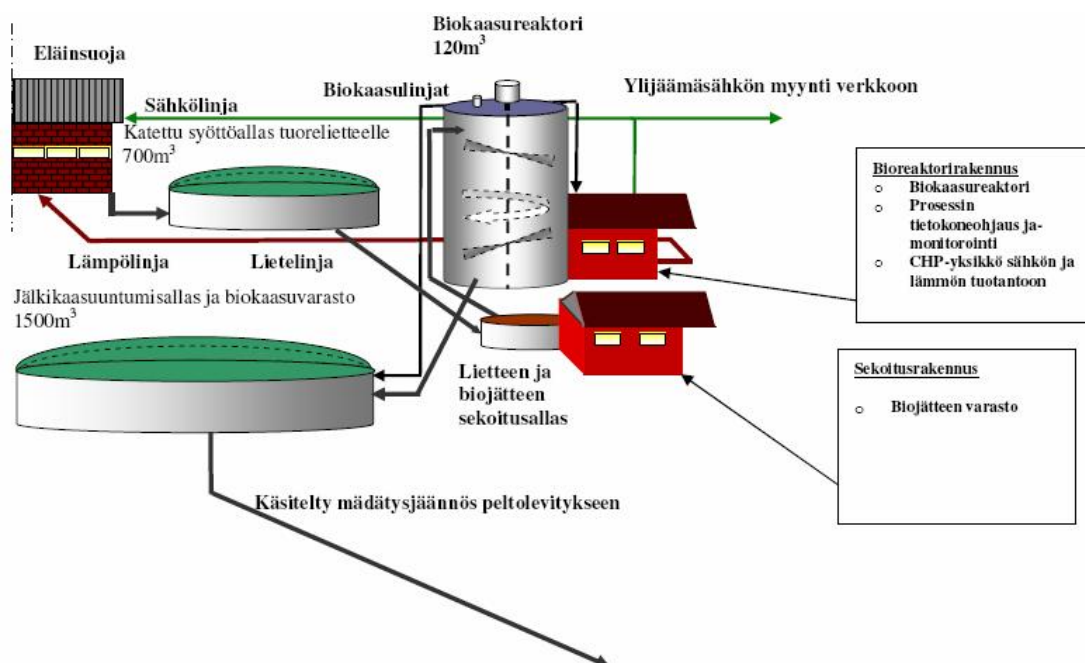
### 6.1 Biokaasulaitos Metener Oy:ltä

Metener Oy:n biokaasulaitos koostuu biokaasureaktorista, kaasuvälikamasta sekä syöttö- ja jälkikaasualtaasta. Liete ja muut biomassat syötetään päivittäin reaktoriin, jossa ne viipyvät noin 3–4 viikkoa. Tämän jälkeen reaktorista poistunut massa jälkikaasuuntuu kuvun alla noin kuukauden. Lopputuotteena saadaan ravinteikasta lietettä peltolevitykseen sekä biokaasua energiantuotantoon. Metener Oy pyrkii maatilan biokaasulaitoksen rakentamisessa hyödyntämään tilalla olevia lietealtaita, jotta investointikustannukset vähenisivät. Laitoksen rakentamista voidaan soveltaa maataloilla, kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden yhteydessä ja elintarviketeollisuudessa. (Metener Oy 2007.)

Kalmari (2007) arvioi, että biokaasulaitoksen investointikustannusten tarkempi määrittely olisi vienyt aikaa noin kaksi työpäivää, joten seuraavaksi esiteltyt investointikustannukset ovat vain suuntaa antavia.

Esimerkkitalan tarpeisiin Kalmari (2007) ehdotti 200 m<sup>3</sup> reaktoria. Hänen mielestään kannattaisi etsiä käytetty terässäiliö, johon asennettaisiin lämmitys- sekä muut lisälaitteet, jolloin reaktorille kertyisi hintaa noin 55 000 €. Jälkimähdätysaltan tilavuudeksi hän ehdotti 400 m<sup>3</sup>. Maa- ja metsätalousministeriön (2006) ohjekustannusarvion mukaan allas maksaisi noin 12 000 €, johon kaksoiskatteet Kalmarin (2007) mukaan maksaisivat noin 10 000 €. Hintaa altaalle kertyisi siis noin 22 000 €. Lopputuotetta varten tulisi olla 2100 m<sup>3</sup> lietesäiliö, joka Maa- ja metsätalousministeriön (2006) mukaan maksaisi noin 39 000 €. Sähkön- ja lämmöntuottamiseen tarvittava kaasugeneraattori maksaa noin

30 000 €. Automaatio, venttiilit ja erilaiset asennustyöt muodostavat kustannuksia noin 25 000 €. Kokonaiskustannukset kohdetilalla näin ollen olisivat 200 000 € molemmin puolin riippuen viljelijän työpanoksesta ja käytettyjen laitteistojen määrästä. (Kalmari 2007.) Kuviossa 7 on nähtävillä kaaviokuva Metener Oy:n biokaasulaitoksesta.



KUVIO 7. Kaaviokuva Metenerin biokaasulaitoksesta (Metener Oy 2007.)

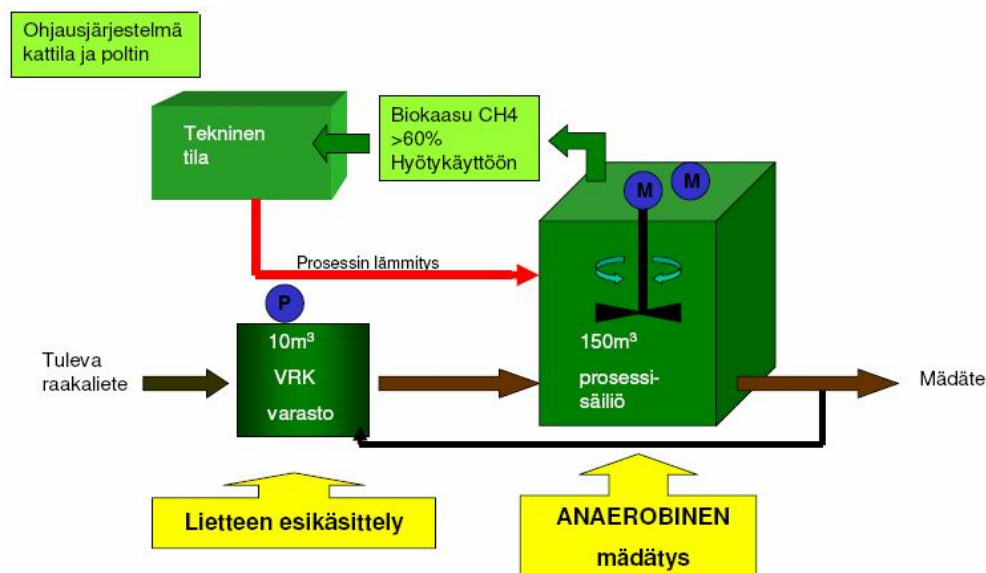
## 6.2 Biokaasulaitos MetaEnergia Oy:ltä

Lundberg (2007) esitti, että viljelijän omien lietteiden käsittelyyn soveltuisi Mex 150C konttilaitos. Kontilla on pituutta 15 metriä ja leveyttä 4 metriä, reaktorin tilavuus on 150 m<sup>3</sup>. Integroitu biokaasulaitoskontti on mitoitettu noin 80 nautayksikön lietteelle, ja se tuodaan tilalle valmiina kokonaisuutena. (Lundberg 2007.) Viljelijän tuotantorakennuksen nautayksikkömäärä ylittää hieman kontin suunnitellun kapasiteetin, joten ulkopuolisia lisäsyötteitä ei tällä kontilla ehkä kyettäisi käyttämään. Lundberg (2007) kuitenkin kertoi, että heillä alkaa koe-

sarja Haapajärven koulutilan uudella kontilla, jonka jälkeen he tietävät, kuinka paljon konttia voi kuormittaa.

Biokaasulaitoskontissa on valmiina 60 kW kaasupoltin ja kattila, joten viljelijän tarvitsisi vain hankkia tulopumppu, jolla pumpataan tuleva liete prosessiin sekä kaasuväkä, joka voi olla esimerkiksi jälkimädätyssäiliön päälle rakennettu pressukupu. Tulopumppua ja kaasuntuottoa ohjataan toimitukseen kuuluvalla automaatiojärjestelmällä. Sähköntuottamiseen ei tällä hetkellä Metaenergialla ole tarjota generaattoripakettia, joten se pitäisi myös tilata muualta. Lisäksi ennen reaktoria olisi hyvä olla pumppauskaivo noin kahden päivän lietemäärälle ja jälkimädätyssäiliö vähintään 60 päivän viipymälle mitoitettuina. Esimerkkitalon tapauksessa pumppauskaivon tilavuuden tulisi olla noin 17 m<sup>3</sup> ja jälkimädätyssäiliön tilavuus noin 510 m<sup>3</sup>. (Lundberg 2007.)

Konttilaitoksen hankintahinta on 125 000 €, mikä ei sisällä paikanpäällä tehtäviä maansiirto- ja perustustöitä sekä rahteja ja nostokuluja (Lundberg 2007). Kalmarilta (2007) sekä Maa- ja metsätalousministeriöltä (2006) saatujen hintojen mukaan kokonaiskustannuksiksi muodostuisi arvioni mukaan noin 200 000 €. Kuviossa 8 on nähtävillä kaaviokuva MetaEnergian Mex Container konttilaitoksesta. Liitteessä 3 voidaan nähdä asemapiirros (1:500) konttilaitoksen sijoittumisesta esimerkkitalon uuden tuotantorakennuksen viereen. Laitoksen sijoittumisessa on huomioitu myös tuotantorakennuksen mahdollinen laajenusvaraus.



KUVIO 8. Kaaviokuva Mex Container konttilaitoksesta  
(MetaEnergia Oy 2005.)

### 6.3 Biokaasulaitos Finnish Bioenergy Oy:ltä

Koivusen (2007) mukaan heidän tarjoamassaan Horisontaali -mallisessa reaktorissa viipymä koko lietemäärälle saadaan halutun pituiseksi eikä jälki-käymissäiliötä kaasukuvulla tarvita. Jonkin kokoinen kaasuväaraosto on kuitenkin tarpeen, jos ajoittainen kaasunkulutus on tuotantoa suurempi. (Koivunen 2007.)

Mikäli halutaan käsitellä päivittäin syntyvä liete, Koivusen (2007) mielestä esimerkkitilan tapauksessa reaktorin koon tulisi olla 100 m<sup>3</sup>. Reaktorin mitoituksessa kannattaa ottaa kuitenkin huomioon myös kaasun tarve eri vuodenaikoina, koska reaktorin kaasuntuottoprosessi häiriintyy liikaa syötettynä (Koivunen 2007.) Tähän esiselvitykseen ei kuitenkaan vielä ollut saatavilla esimerkkitilan uuden tuotantorakennuksen lämmön- ja sähkönkulutusarvioita, joten niitä ei ole otettu biokaasulaitoksen mitoituksessa huomioon.

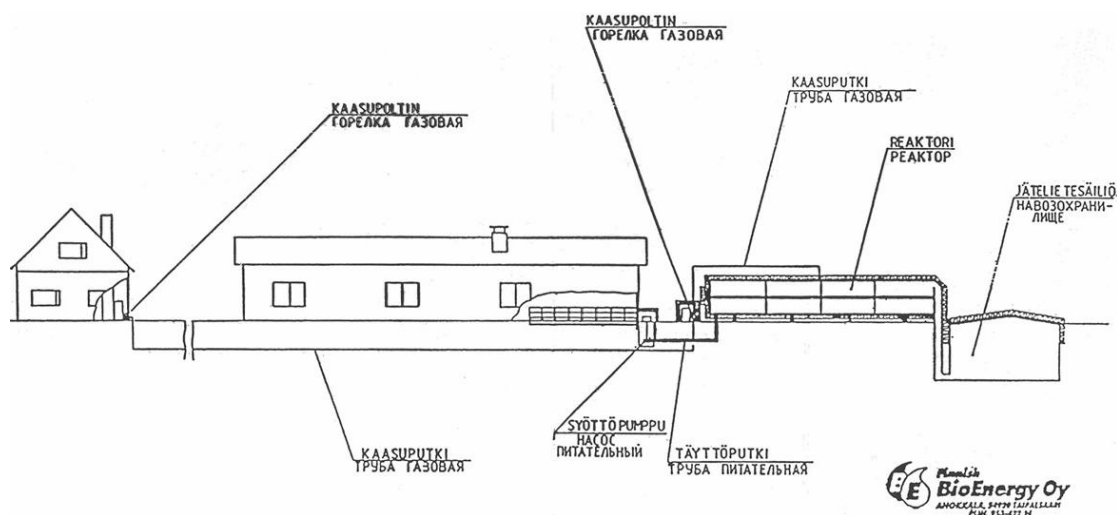
Horisontaali -mallinen biokaasureaktori olisi viljelijän tapauksessa 18 m pitkä ja 2,8 m leveä. Mitat sisältävät myös laitehuoneen. Kaasuntuottoteho on noin 0,5 kW/reaktori m<sup>3</sup>, eli 100 m<sup>3</sup> reaktorissa kaasuntuottoteho olisi noin 50 kW.

Reaktorin budjettihinta on 1000 €/reaktorin säiliön m<sup>3</sup> eli 100 m<sup>3</sup> reaktori tulisi maksamaan 100 000 €. Hinta sisältää täydellisen reaktorin automaatiolla sekä paikalleen asennettuna. Tilan tehtäväksi jäävät maastotyöt, syöttö- ja poistoputkien sekä sähkönsyöttökaapelin vetäminen asennuspaikalle. Kaasunkäyttö ja syöttöputkistot määräytyvät tilakohtaisesti, jotka Finnish Bioenergy Oy hinnoittelee erikseen. (Koivunen 2007.)

Koivunen (2007) toteaa, että tässä tapauksessa kannattaisi miettiä kahden 1250 m<sup>3</sup> lietesäiliön rakentamista, mikä vastaa uuden tuotantorakennuksen vuosittaista lietemäärää. Toinen säiliö olisi raakalietteen varastosäiliö ja toinen reaktorissa käsitellyn lietteen säiliö. Ratkaisusta olisi se hyöty, että pienempi-kokoisessa säiliössä olisi helpompi saada naudanlietteessä syntyvä raskas pohjasakka ja pintaan kertyvät rehujätteet paremmin sekaisin. Kaasuvarasto voisi olla toisen säiliön päällä, ja sen koko määräytyy siitä, kuinka paljon tuottoa suurempi on kaasun käyttöjakso. Eli on hyvä mitoittaa kaasuvarasto reilunkokoiseksi, jotta kaasu riittää kulutushuippujen aikana. Koivusen (2007) mielestä kannattaa myös varautua varapolttoaineen käyttöön esimerkiksi kaksoispolttimella, jolla pystyy polttamaan sekä biokaasua että kevytpolttoöljyä. (Koivunen 2007.)

Koivuselta (2007), Kalmarilta (2007) sekä Maa- ja metsätalousministeriöltä (2006) saatujen hintojen mukaan arvioisin kokonaiskustannusten määräksi noin 223 000 €. Kuviossa 9 on nähtävillä Finnish Bioenergy Oy:n toteutustapa biokaasulaitoksesta.





KUVIO 9. Finnish Bioenergy Oy:n biokaasulaitos  
(Finnish Bioenergy Oy 2007.)

#### 6.4 Biokaasulaitos RMG Pointo Oy:ltä

Lammi (2007) tarjosi esimerkkitalalle RMG Pointo Oy:n toimittamaa Wabio biokaasulaitosta. Wabio biokaasulaitos on kehitetty alkujaan yhdyskuntajätteen ja jätevesilietteen biokaasutukseen, mistä johtuen laitoksen suunnittelussa kiinnitetään erityistä huomiota jätteen esikäsittelyyn ennen biokaasutusta. Esikäsittelyssä laitokselle tuotu jäte murskataan pienempään palakokoon, jonka jälkeen syöteliete valmistetaan sekoittimella ja pintakaapimella varustetussa suljetussa säiliössä. (Wabio biokaasulaitos -esite 2006, 6.)

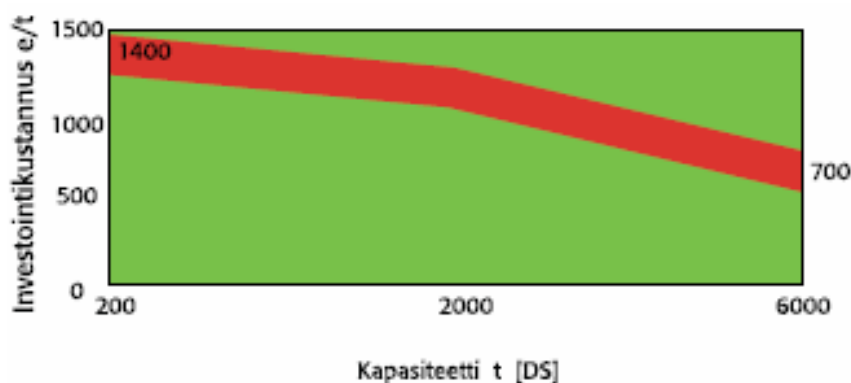
Biokaasutus tapahtuu pystyrakenteisessa bioreaktorissa, joka on teräksestä tai betonista valmistettu säiliö. Wabion reaktorissa mainostetaan tehokasta sekoitusta, joka toteutetaan joko lapasekoittimella tai tilavuudeltaan yli 500 m<sup>3</sup>:n reaktoreissa kaasusekoituksella. Kaasutettavan materiaalin viipymäaika reaktorissa on raaka-aineesta riippuen 20–30 päivää. (Wabio biokaasulaitos -esite 2006, 6.)

Mesofiilisessä (lämpötila noin 35 °C) biokaasutuksessa mädätetyn lietteen käsittely käsittää hygienisoinnin (vähintään 70 °C:ssa vähintään 60 minuutin ajan), välivarastosäiliön ja mekaanisen kuivauksen. Termofiilisessä (lämpötila

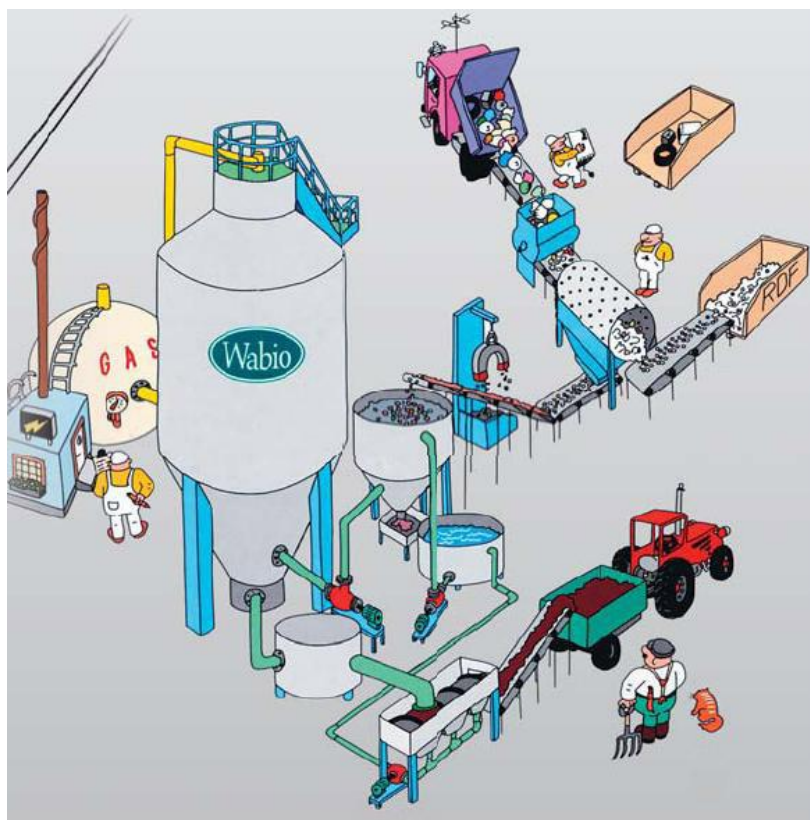
noin 55 °C) biokaasutuksessa mädätetyn lietteen hygienisointia ei tarvita. Liette-  
teen kuivaukseen käytetään joko dekanterilinkoa tai ruuvipuristinta, joilla kui-  
vatun lietteen kiintoainepitoisuus saadaan 25–30 % välille. (Wabio biokaasu-  
laitos -esite 2006, 6.)

Biokaasulaitoksen koko ja esikäsittelyn tarve vaikuttavat suuresti investointi-  
kustannuksiin. Tilan tapauksessa esikäsittelyä ei kuitenkaan tarvita eikä se  
olisi investointina kannattavaakaan. Wabion biokaasulaitoksen kokonaiskus-  
tannukset laskin esitteessä olevan kaavion mukaisesti (kuvio 10). Viljelijän  
kiintoainesmäärä on 175 t/DS/v, joten kokonaiskustannuksiksi tulee noin  
262 500 € ( $175 \text{ t/DS} \cdot 1500 \text{ €}$ ). (Wabio biokaasulaitos -esite 2006, 8.)

Mäkelän (2007) mukaan reaktorin osuus RMG Pointo Oy:n esitteessä esite-  
tystä hinnasta on noin 80 000 -100 000 €. Hän kuitenkin kertoi, että esitteen  
ilmoittama investointikustannus ei pidä paikkaansa, sillä ko. tapauksessa bio-  
kaasulaitos kaikkine laitteineen, rakennuksineen ja töineen tulisi maksamaan  
noin miljoona euroa. Tilanvaade esimerkkitalan tarpeisiin mitoitettulla Wabion  
biokaasulaitoksella tulisi olemaan noin 30 m \* 30 m alue. (Mäkelä 2007.) Ku-  
viossa 11 on nähtävillä Wabion biokaasulaitoksen toimintaketju.



KUVIO 10. Wabio biokaasulaitoksen investointikustannukset ilman esikäsittelyä  
(Wabio biokaasulaitos -esite 2006, 8.)



KUVIO 11. Wabion biokaasulaitos  
(Wabio biokaasulaitos -esite 2006, 9.)

## 7 LISÄSYÖTTEIDEN KÄYTTÖ

Viljelijä halusi, että esiselvityksessä käsiteltäisiin lyhyesti myös mahdollisten lisäsyötteiden vastaanottamista. Esimerkkitalan biokaasulaitokseen saattaisikin olla mahdollista saada lisäsyötteeksi Saarijärven jätevedenpuhdistamolla käsiteltyt yhdyskuntalietteet. Tällä hetkellä puhdistamon kuivatut yhdyskuntalietteet on kompostoitu aumaan pellolle, mutta tiukentuvien ympäristövaatimusten myötä tämä kielletään tulevaisuudessa. Vaihtoehtoiset käsittely- ja kuljetuskustannukset tulisivat olemaan Saarijärven kaupungille niin kalliit, että viljelijän suunnittelema biokaasulaitokselle voisi olla tarvetta. Paavolan (2005, 36) tutkimuksen mukaan käsiteltyä yhdyskuntalietettä syntyy Saarijärven jätevedenpuhdistamolla 1200 m<sup>3</sup> vuodessa, ja sen kiintoainepitoisuus on 20 %.

Lainsäädännöllisesti merkittävimmät rajoitukset biokaasuprosessille annetaan sivutuoteasetuksessa, jossa määritellään biokaasulaitoksissa käsittelyyn soveltuvat materiaalit, käsittelyvaatimukset sekä lopputuotteen käyttökohteet ja hygieeniset laatuvaatimukset. Laitoksessa käsiteltyjen materiaalien peltolevitykseen vaikuttavat myös asetukset puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa (VNp 282/1994) ja maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesistöön pääsyn rajoittamisesta (VNa 931/200). Ympäristötukijärjestelmän piiriin kuuluvien maatilojen on peltolevityksessä huomioitava myös ympäristötuen asetus (MMM 646/2000). (Paavola 2005, 48.)

Jätevedenpuhdistamolta tulevien yhdyskuntalietteiden käsittely maatilakohtaisessa biokaasulaitoksessa edellyttää sivutuoteasetuksen (2002/1774/EY) mukaista hygienisointiyksikköä (1 h, 70 °C), joka voi olla ennen tai jälkeen reaktorin prosessia. Hygienisointiyksikköä ei tarvita, jos lietteille on tehty hygienisointi muualla. (Paavola 2005, 48–49.)

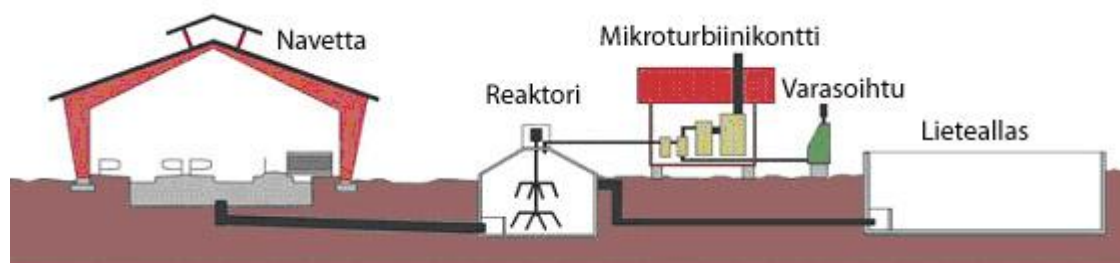
### **Biokaasulaitos NHK Keskus Oy:ltä:**

Lisäsyötteiden käyttäminen vaatisi esimerkki tapauksessa hieman isomman reaktorin, joten kysyin esimerkinomaisesti tällaista biokaasulaitostarjousta NHK Keskus Oy:ltä. Robogas-biokaasulaitoksen peruskomponentit koostuvat

reaktorista ja turbiinilaitoksesta. Näiden lisäksi tarvitaan valutusallas lisäsyötteiden vastaanottamiseen sekä hygienisointilaitteet yhdyskuntalietteiden käsittelyyn. Jälkimädätysaltaalle ei Kerkolan (2007) mukaan ole tarvetta, sillä kaasuntuotto jälkimädätyksessä on niin vähäistä. Kaasuvarastoa ei myöskään tarvita, koska se on sisäänrakennettu reaktoriin. (NHK Keskus Oy 2007; Kerkola 2007.)

Kerkola (2007) ehdotti viljelijälle 300 m<sup>3</sup> reaktoria, jonka kaasuntuottoteho olisi noin 20 m<sup>3</sup>/h. Mikroturbiinikontti, joka sisältää turbiinilaitoksen ja reaktorin automaation, olisi teholtaan 30 kW. Valutusaltaan tilavuuden tulisi olla vähintään noin 100 m<sup>3</sup>, jotta lisäsyötteiden vastaanottaminen kerran viikossa olisi mahdollista. Hygienisointilaitteiston tehoksi Kerkola (2007) ehdotti 20 m<sup>3</sup>/vrk. (Kerkola 2007.)

Reaktorin ja 30 kW mikroturbiinikontin hinnaksi Kerkola (2007) kertoi 260 000 €, mikä ei sisällä reaktorin rakennustyötä. Hygienisointilaitteiston hinta on noin 40 000 € (Kerkola 2007.) Lisäksi tarvitaan 100 m<sup>3</sup> valutusallas sekä noin 4000 m<sup>3</sup> lieteallas. Näiden kustannuksiksi arvioin Maa- ja metsätalousministeriöltä (2006) saatujen hintojen pohjalta noin 65 000 €. Lisäksi arvioin erilaisten kaasulinjan- ja lämmönsiirtotöiden sekä sähkö- ja putkitöiden maksavan noin 15 000 euroa. Edellä mainittujen hintojen perusteella Robogas biokaasulaitoksen kokonaiskustannuksiksi muodostuisi noin 380 000 €. Kuviossa 12 on nähtävillä Robogas biokaasulaitoksen rakennekuva.



KUVIO 12. Robogas biokaasulaitos  
(NHK Keskus Oy 2007.)

### Lisätulot lisäsyötteiden vastaanottamisesta:

Palmroth ja Kalmari (2005, 14) arvioivat porttimaksujen suuruudeksi 47 euroa tonnilta. Näin ollen viljelijä saisi porttimaksuista lisätuloja 56 400 € vuodessa. Lisätuloja olisi mahdollista saada myös ylijäämästä, jonka myyntihinnaksi sähköverkkoon Hagström, Vanhanen ja Vartiainen (2005, 34) arvioivat 30 €/MWh. Lisätulojen ansiosta viljelijän biokaasulaitos olisi mahdollista maksaa takaisin jopa viidessä vuodessa. Viiden vuoden maksuajalla vuotuinen nettotulos jäisi melkein 8 000 euroa plussalle, kun taas ilman lisäsyötteitä nettotulos jäisi 15 vuoden maksuajalla jopa yli 8 000 euroa miinukselle. Liitteissä 1 ja 2 esitellään tarkemmin biokaasulaitosinvestoinnin takaisinmaksuajasta ja kannattavuudesta. Taulukossa 3 on esitelty tilan omasta lietteestä ja lisäsyötteistä saadun biokaasun energiasisältö.

TAULUKKO 3. Esimerkkitalan biokaasulaitoksella tuotetun biokaasun energiasisältö (tilan oma liete + lisäsyötteet)

Lietemäärä	4285 m <sup>3</sup> /a
Kiintoainepitoisuus	14,58 %
Biokaasun saanti (liete)	0,3 Nm <sup>3</sup> /kgVS
Kuiva-ainemäärä	624753,0 kg
Biokaasun määrä	187425,9 Nm <sup>3</sup>
Metaanin energiasisältö	9,9 kWh/Nm <sup>3</sup>
Metaanipitoisuus	60 %
<b>Energiasisältö</b>	<b>1113,3 MWh</b>
<b>Nettoenergia (laitoksen oma kulutus 91 MWh)</b>	<b>1022,3 MWh</b>
Kaasun tuotto	21,40 m <sup>3</sup> /h
Teho nettoenergiasta generaattorikäytössä	116,70 kW
Lämpötehon osuus	77,80 kW
Sähkötehon osuus	38,90 kW

## 8 BIOKAASULAITOKSIEN SUUNNITELTU INVESTOINTITUKI

Tällä hetkellä biokaasulaitosten rakentamiseen ei ole mahdollista saada tukea, mutta oma investointituki biokaasulaitosinvestoinneille on kuitenkin suunnitteilla. Alm (2007) kertoi, että uusi investointituki mahdollisesti sisältäisi kaksi seuraavanlaista tukimuotoa:

### 1. Maatilojen yrityshankkeet

- Biokaasulaitoksen rakentamiseen on mahdollista saada maaseudun mikroyritystukea, jos siihen liittyy yritystoimintaa (tilan ulkopuolisten materiaalien vastaanotto, porttimaksut, energian tai polttoaineen myynti tilan ulkopuolelle tai jos laitoksen omistaa esim. maanviljelijöiden yhteenliittymä)
- Tukiprosentit Itä- ja Pohjois-Suomessa 35 %, Väli-Suomessa 25 % ja Etelä- ja Lounais-Suomessa 20 %

### 2. Kansallinen maatalan investointituki

- Tilan omien materiaalien käsittely ja energian hyödyntäminen omaan käyttöön
- Tukiprosentit 20–30 %

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

### **Investointikustannukset:**

Vaikka Suomessa on suhteellisen vähän eri laitosvalmistajia, yllätyin miten erilaisia tapoja biokaasulaitosten rakentamiseen on olemassa. Tämä tekikin investointikustannusten määrittelemisestä erittäin haastavan. Laitoksen suurimman yksittäisen komponentin eli reaktorin hinta oli kaikilta laitosvalmistajilta saatavilla kohtuullisen helposti, mutta muiden biokaasulaitokseen kuuluvien laitteiden ja säiliöiden hintoja oli hankalaa saada. Tässä selvityksessä esitetyt investointikustannukset ovat arvioni mukaan vähintään kymmenen tuhannen euron tarkkuudella määriteltäviä. Tarkempiin lukemiin pääseminen vaatisi maksullista yhteistyötä laitosvalmistajien kanssa. Investointikustannuksissa ihmeyttivät Wabion biokaasulaitoksen kokonaiskustannukset, jotka poikkesivat huomattavasti muiden laitosvalmistajien hinnoista. Syitä tähän on hankala arvioida, mutta luulisin pääsyyinä olevan sen, että Wabio biokaasulaitos on tarkoitettu enemmän jätevedenpuhdistamoiden yhteyteen. Jätevedenpuhdistamojen biokaasulaitoksilla jätteen käsittelyvaatimukset ovat tarkemmat, mikä voisi nostaa investointikustannuksia.

### **Kannattavuus:**

Useissa tietolähteissä korostettiin, että biokaasulaitosinvestointi on kannattava tiloilla, joilla on vähintään 100 lypsylehmää. Tämä piti mielestäni paikkansa myös esimerkkitalan kohdalla. Laskelmat osoittivat, että tilan omalla lietteellä saadaan tuotettua niin vähän energiaa, että sen taloudellinen merkitys jää pieneksi korkeisiin investointikustannuksiin nähden. Lisäksi tilalla jouduttaisiin käyttämään jonkin verran vaihtoehtoista polttoainetta kulutushuippujen aikana. Jotta biokaasulaitoksen rakentaminen kohdetilalla olisi kannattavaa, investointikustannukset tulisi mielestäni saada reilusti pienemmiksi. Kustannusten alentaminen voisi onnistua, jos tila pystyisi rakentamaan laitosta mahdollisimman paljon itse, ja ainakin osa laitteistosta hankittaisiin käytettynä.



Viljelijän kannattaisi miettiä myös tarkkaan, kannattaako tuottaa sekä lämpöä että sähköä, koska sähköntuottamiseen tarvittavat laitteistot ovat kalliita ja energian tuottamisesta syntyy jonkin verran myös käyttökuluja. Lisäksi tilan omista lietteistä tulisi saada huomattavasti enemmän energiaa, jotta sähköä kannattaisi tuottaa.

### **Ulkopuoliset lisäsyötteet ja porttimaksut:**

Mielestäni viljelijän kannattaisi rakentaa omia tarpeitaan suurempi laitos, jolloin mahdollisten lisäsyötteiden vastaanottaminen onnistuisi. Tällöin tuloja syntyisi myös porttimaksuista, jotka ovat mielestäni välttämättömät biokaasulaitoksen kannattavuudelle. Biokaasulaitoksen koon kasvaminen ei nosta kustannuksia lineaarisesti vaan logaritmisesti eli ensimmäiset kuutiot ovat kalleimpia. Tästä johtuen hieman isomman laitoksen rakentaminen ei lisäisi enää suuresti investointikustannuksia. Isomman kaasutettavan materiaalin määrässä tulee kuitenkin ongelmia lietteen loppulevityksessä. Esimerkkitalalla on tällä hetkellä peltoalaa juuri ja juuri vanhan ja uuden navetan lietteiden levitykseen, joten lisäsyötteiden levitykseen pitäisi saada lisää peltoalaa. Toinen vaihtoehto olisi myydä lietettä, mutta ostajia ei välttämättä löydy. Lisäksi täytyy muistaa, että sivutuoteasetus asettaa rajoituksia eri raaka-aineiden käsittelyvaatimuksille, varsinkin jos reaktorituotteena syntyvää lantaa halutaan myydä oman tilan ulkopuolelle.

### **Tilan omalla lietteellä tuotetun biokaasun energiamäärä:**

Tilan omien lietteiden kaasutuksessa tuotetun energian määrä jää suhteellisen pieneksi. Jos lietteen kiintoainepitoisuutta saataisiin jollain keinoin nostettua, lisäisi se huomattavasti tuotetun biokaasun energiamäärää. Viljelijän kannattaisikin mielestäni pohtia, kuinka sade- ja pesuvesien määrän lietteen seassa saataisiin pienemmäksi.

Uuden tuotantorakennuksen lämmön- ja sähkönkulutuksen arvioisin karkeasti olevan molempien osalta noin 100 MWh vuodessa. Jos energian kulutus olisi tasaista läpi vuoden, nettoenergia saattaisi riittää sekä lämmön- että sähköntuottamiseen. Todellisuudessa varsinkin lämmöntuottamisessa jouduttaisiin

todennäköisesti käyttämään vaihtoehtoista polttoainetta kulutushuippujen vuoksi. "Hukkaenergian" määrä jäisi tilan tapauksessa hyvin pieneksi, koska kaikelle tulevalle energialle olisi käyttöä.

### **Tilan omalla lietteellä sekä lisäsyötteillä tuotetun biokaasun energiamäärä:**

Lisäsyötteiden ansiosta tuotettu energiamäärä lisääntyisi reilusti, joten vaihtoehtoista polttoainetta ei luultavasti tarvitsisi käyttää. Jos käytetään samaa kulutusarviota lämmöstä ja sähköstä kuin aiemmin, "hukkaenergiaa" tulisi tässä tapauksessa kuitenkin huomattavasti enemmän. Sähkön ylijäämä pystyttäisiin myymään valtakunnan verkkoon, jolloin syntyisi myös lisätuloja. Sen sijaan lämmön myynti viljelijän tapauksessa olisi hyvin epätodennäköistä pitkien välimatkojen vuoksi. Näin ollen arvioisin lämpöenergiaa menevän hukkaan vajaa 600 MWh.

### **Entä jos biokaasulaitosta ei rakenneta?**

Mikäli biokaasulaitosta ei rakenneta, viljelijä aikoo lämmittää uuden tuotantorakennuksen hakkeella, ja sähköä hän joutuu luonnollisesti ostamaan valtakunnanverkosta. Uuden tuotantorakennuksen lämmön ja sähkön kulutusarvioita ei viljelijä ehtinyt toimittaa mutta arvioisin, että kulut tulevat olemaan tuhansia euroja vuodessa. Esimerkiksi jos sähköä kuluisi vuodessa noin 100 000 kWh, niin kustannuksia kertyisi tämän hetkiselä sähköän markkinahinnalla hinnalla noin 7 500 €. Hajuhaitat eivät todennäköisesti muodostu ongelmaksi mutta biokaasulaitos olisi varmistanut, että lanta olisi ollut varmasti puhdasta.

## LÄHTEET

Alm, M. 2007. Ylitarkastaja. Maa- ja metsätalousministeriö, maaseutu- ja tukipolitiikkayksikkö. Puhelinkeskustelu 26.1.2007.

Finnish Bioenergy Oy. 2007. Finnish Bioenergy Oy:n kotisivut. FBE Biokaasureaktori. Viitattu 26.1.2007.

<http://www.finnishbioenergy.fi/index.php?page=tuotanto>.

Hagström, M., Vartiainen, E. & Vanhanen, J. 2005. Biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvitys.

Heusala, T. 2007. ELBio Ky. Biokaasulaitoksen liitynnät maatilaan. Kempeleen biokaasuseminaari 23.1.2007. Järjestäjänä Werstas- Yrittävä maaseutu hanke.

Kalmari, E. 2007. Metener Oy:n toimitusjohtaja. Puhelinkeskustelu 26.1.2007.

Koivunen, K. 2007. Finnish Bioenergy Oy. VS: Tarjouspyyntö biokaasulaitoksesta. Sähköpostiviestejä 6.1.–17.1.2007 välisenä aikana. Vastaanottaja T. Vilkkilä.

Kerkola, P. 2007. NHK-Keskus Oy. VS: Tarjouspyyntö biokaasulaitoksesta. Sähköpostiviesti ja puhelinkeskustelu 30.1.2007. Vastaanottaja T. Vilkkilä.

Kuittinen, V., Huttunen, M. & Leinonen, S. 2006. Suomen biokaasulaitosrekisteri IX - tiedot vuodelta 2005. Viitattu 4.11.2006.

<http://www.biokaasuyhdistys.net/docs/Rek9.pdf>.

Lammi, K. 2007. Sarlin Oy. VS: Biokaasulaitoksista. Sähköpostiviesti 11.1.2007. Vastaanottaja T. Vilkkilä. Wabio biokaasulaitos esite 19.4.2006.

Leinonen, S. Biokaasuesite. Viitattu 4.11.2006.

<http://www.biokaasuyhdistys.net/>.

Lundberg, A. 2007. MetaEnergia Oy. VS: Tarjouspyyntö biokaasulaitoksesta. Sähköpostiviestejä 6.1.–10.1.2007 välisenä aikana. Vastaanottaja T. Viikkilä.

Maa- ja metsätalousministeriö 2006. Maa- ja metsätalousministeriön kotisivut. Lomake: Kustannusarvio- ja rakennusselostuslomake. Viitattu 28.1.2007.  
[http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/maaseutu\\_rakentaminen/maaseuturakentaminen/rakentamissaadokset/rakentamissaadokset\\_lista.html](http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/maaseutu_rakentaminen/maaseuturakentaminen/rakentamissaadokset/rakentamissaadokset_lista.html).

MetaEnergia Oy 2005. MetaEnergian kotisivut. Kaaviokuva MEX Container konttilaitoksesta. Viitattu 26.1.2007.  
<http://www.metaenergia.com/materiaalit/MEX%20Container.pdf>.

MetaEnergia Oy. 2007. MetaEnergian kotisivut. Laitoksen mitoitus. Viitattu 4.1.2007. <http://www.metaenergia.com/palvelut.htm>.

Metener Oy. 2007. Metener Oy:n kotisivut. Viitattu 27.1.2007.  
<http://www.metener.fi/>.

Mäkelä, L. 2007. RMG Pointo Oy:n projektiorganisaation toimitusjohtaja ja liiketoimintaryhmän johtaja. Puhelinkeskustelu 19.1.2007.

NHK Keskus Oy. 2007. NHK Keskus Oy:n kotisivut. Viitattu 27.1.2007.  
<http://www.nhk.fi/portal/tuoteryhmat/robora-pihatto/robora-tuotteet/robogas/>.

Paavola, T. 2005. Kunnallisten lietteiden ja biojätteiden käsittely maatilakoh-  
taisessa biokaasulaitoksessa. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu-tutkielma.

Palmroth, A. & Kalmari, E. 2005. Biojätteiden ja peltobiomassojen arvon lisä-  
ys. Äänekosken seutukunnan biokaasuliiketoimintakonsepti. Uuden teknologi-  
an Ääneseutu -kehittämishanke 2005. Viitattu 24.1.2007.  
<http://www.atek.fi/materiaali/Biokaasu.pdf>.

Taavitsainen, T. 2006. Maatalouden biokaasulaitoksen perustaminen ja turval-  
lisuustarkastelu. Malla2 -hankkeen loppuraportti. Viitattu 22.1.2007.

<http://kokoeko.savonia-amk.fi/data/MaLLa2%20-hankkeen%20loppuraportti.pdf>.

Viljelijä, X. 2007. Puhelinkeskusteluja ja sähköpostiviestejä 25.10.2006 – 23.1.2007 välisenä aikana. Vastaanottaja T. Vilkkilä.

# LIITE 1. Biokaasulaitosinvestoinnin takaisinmaksuaika (oma liete)

## Biokaasulaitos (tilan oma liete 3085 m³):

Biokaasua	5,99 m³/h
Biokaasua	52472,4 m³/vuosi
Metaanipitoisuus	60 %
Metaania	3,6 m³/h
Kokonaisenergiasisältö	311,7 MWh
Nettoenergia (laitoksen oma kulutus 67 MWh)	244,7 MWh
Teho nettoenergiasta generaattorikäytössä	27,93 kW
Lämpötehon osuus	18,62 kW
Sähkötehon osuus	9,31 kW
Laitoksen hinta	200000 €
Investointituki %	20 %
Laitoksen hinta tuen jälkeen	160000
Takaisinmaksuaika	15 vuotta
Korko % (korkotukea 70 %)	2 %
Annuiteettilainan lyhennys	12373 €/vuosi
Laitoksen käyttökustannukset	1312 €/vuosi
Energiantuotannon kustannukset	4676 €/vuosi
Hakkeen hinta	40 €/MWh
Biomassan sisältämän nettoenergian hinta muutettuna hakkeeksi (2/3 nettoenergiasta)	4005 €/vuosi
Sähkön arvo tilalla	75 €/MWh
Ei sähkön myyntiä verkkoon	
Biomassan sisältämän nettoenergian hinta muutettuna sähköksi (1/3 nettoenergiasta)	6118 €/vuosi
Porttimaksut	0 €/vuosi
Nettotuotto 15 vuoden maksuajalla	-8238 €/vuosi

## LIITE 2. Biokaasulaitosinvestoinnin takaisinmaksuaika (oma liete+lisäsyötteet)

### Biokaasulaitos (tilan oma liete 3085 m<sup>3</sup>+lisäsyötteet 1200m<sup>3</sup>):

Biokaasua	21,4 m <sup>3</sup> /h
Biokaasua	187464 m <sup>3</sup> /vuosi
Metaanipitoisuus	60 %
Metaania	12,8 m <sup>3</sup> /h
Kokonaisenergiasisältö	1113,0 MWh
Nettoenergia (laitoksen oma kulutus 91 MWh)	1022,3 MWh
Teho nettoenergiasta generaattorikäytössä	116,7 kW
Lämpötehon osuus	77,8 kW
Sähkötehon osuus	38,9 kW
Laitoksen hinta	380000 €
Investointituki %	25 %
Laitoksen hinta tuen jälkeen	285000
Takaisinmaksuaika	15 vuotta
Korko % (korkotukea 70 %)	2 %
Annuiteettilainan lyhennys	23509 €/vuosi
Laitoksen käyttökustannukset	2113 €/vuosi
Energiantuotannon kustannukset	5565 €/vuosi
Hakkeen hinta	40 €/MWh
Biomassan sisältämän nettoenergian hinta muutettuna hakkeeksi (2/3 nettoenergiasta)	4005 €/vuosi
Sähkön arvo tilalla	75 €/MWh
Sähkön myyntihinta verkkoon	30 €/MWh
Biomassan sisältämän nettoenergian hinta muutettuna sähköksi (omaan käyttöön 1/3 ja myyntiin 2/3)	15335 €/vuosi
Porttimaksut	56400 €/vuosi
Nettotuotto 15 vuoden maksuajalla	44553 €/vuosi
Nettotuotto 10 vuoden maksuajalla	38216 €/vuosi
Nettotuotto 5 vuoden maksuajalla	7791 €/vuosi

### LIITE 3. Asemapiirros MetaEnergian konttilaitoksesta (1:500)

